

ANTENA DE PARCHE MONOPOLAR DE DOBLE FRECUENCIA

Francisco Javier Herraiz Martínez⁽¹⁾, Eduardo Ugarte Muñoz⁽¹⁾, Vicente González Posadas⁽²⁾, Daniel Segovia Vargas⁽¹⁾

fjherraiz@tsc.uc3m.es, eugarte@tsc.uc3m.es, vgonzalez@diac.upm.es, dani@tsc.uc3m.es

⁽¹⁾ Dpto. de Teoría de la Señal y Comunicaciones. Universidad Carlos III de Madrid. Avenida de la Universidad 30, 28911, Leganés, Madrid.

⁽²⁾ Dpto. de Ingeniería Audiovisual y Comunicaciones. Universidad Politécnica de Madrid. Carretera de Valencia Km. 7, 28031, Madrid.

Abstract- A dual-frequency patch antenna with monopolar radiation patterns at both working frequencies is presented in this paper. The antenna design is based on a conventional patch with two concentric short-circuited conditions with a separating gap between them. Both shorting conditions are implemented with vias between the patch and the ground plane. These conditions impose two modes with a uniform electric field distribution both in phase and amplitude at the edge of the patch antenna. These modes result in a monopolar radiation pattern at two different frequencies. The working frequencies can be arbitrary set and depend on the patch dimensions and the location of the shorting vias. Two feeding strategies have been studied: a single coaxial probe which excites both monopolar modes and a different coaxial probe for each mode. A two-port design working at 2.6 GHz and 4.8 GHz is presented, obtaining the desired monopolar radiation pattern at both frequencies. High isolation between the feeding ports is achieved.

I. INTRODUCCIÓN

Las antenas de parche cortocircuitadas tienen la propiedad única de presentar un diagrama de radiación monopolar (omnidireccional con polarización E_θ y máximo en el horizonte) en su modo fundamental [1–2]. Esto es opuesto a las antenas de parche convencionales, que presentan un diagrama de radiación broadside en su modo fundamental [3]. Clásicamente las antenas de parche con diagrama de radiación monopolar se han obtenido con geometrías en anillo cortocircuitado [1–2], aunque se ha demostrado se puede conseguir un comportamiento similar en geometrías cuadradas con un cortocircuito en el centro [4]. Más recientemente se han realizado grandes esfuerzos para conseguir antenas de parche monopulares miniaturizadas y parches que combinen los modos monopulares y broadside. En este sentido se han obtenido buenos resultados mediante el empleo de estructuras metamateriales [5–7].

Durante los años noventa este tipo de antenas de parche se empleó extensivamente como elementos radiantes de terminales de comunicaciones celulares [4]. Después, se propuso el empleo de los parches con diagramas de radiación monopolar en las redes de área local inalámbricas (WLANS). Debido a la creciente demanda de este tipo de sistemas inalámbricos, cada vez más se están estandarizando nuevas bandas de frecuencia. Por esta razón, resultaría de enorme utilidad el desarrollo de parches multifrecuencia con

diagrama de radiación monopolar. Sin embargo, en la literatura no encontramos antenas de parche con dichas características. En esta comunicación se propone un nuevo diseño de antena de parche con el que se consigue excitar dos modos monopulares. Dicha antena tiene geometría cuadrada y los cortocircuitos se realizan mediante vías entre el plano de masa y el parche lo que facilita su fabricación.

El esquema de esta comunicación es el siguiente: en la Sección II se muestra un ejemplo de parche cortocircuitado con vías y geometría cuadrada. La Sección III explica el esquema de la antena de parche monopolar de doble frecuencia y se muestra un ejemplo de diseño. Finalmente, en la Sección IV se exponen las conclusiones de este trabajo.

II. ANTENA DE PARCHE CON DIAGRAMA DE RADIACIÓN MONOPOLAR

El procedimiento convencional para obtener una antena de parche con diagrama de radiación monopolar consiste en introducir una condición de cortocircuito en el centro del mismo [1–4]. Típicamente esta técnica se ha aplicado a geometrías en anillo en las que se ha introducido un cortocircuito cilíndrico en el centro del mismo [1–2]. De este modo se obtiene un modo fundamental TM_{01} con una distribución de campo eléctrico constante, tanto en amplitud como en fase. Así, las corrientes magnéticas equivalentes forman un lazo, lo que proporciona un diagrama de radiación monopolar. Además de este modo fundamental, los parches en anillo cortocircuitado también presentan el modo típico de un parche (TM_{11} en la geometría anular) con diagrama de radiación de tipo broadside. Este comportamiento permite emplear estas antenas para aplicaciones duales de comunicaciones móviles y radionavegación [1]. El mismo tipo de comportamiento se puede obtener mediante la inserción de vías que cortocircuiten el parche con el plano de masa en determinadas posiciones [8]. La ventaja del segundo procedimiento es que es más fácil de fabricar que el primero. Además, como se comentó en la Introducción, es posible obtener un modo monopolar con geometrías distintas a la anular [4]. El objetivo de esta Sección consiste en demostrar que es posible obtener un parche monopolar con una geometría cuadrada y con vías para imponer la condición de cortocircuito. Este tipo de antena de parche va a ser la base para desarrollar la antena monopolar de doble frecuencia en la siguiente Sección.

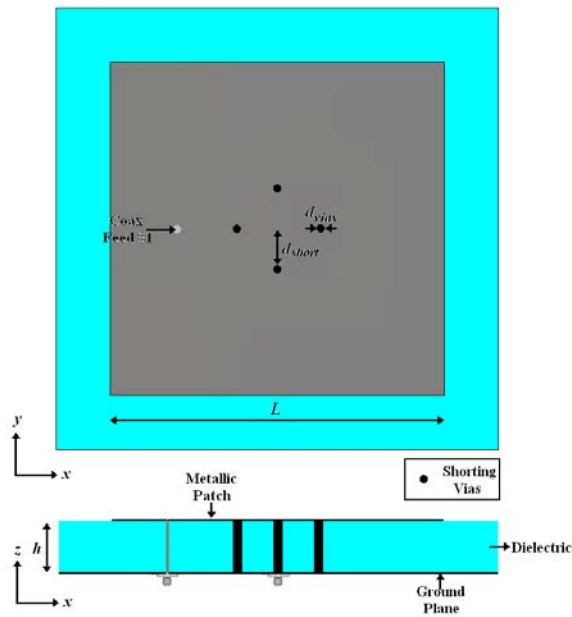


Fig. 1. Esquema de la antena de parche cuadrada con vías y diagrama de radiación monopolar

El esquema de la antena de parche monopolar con geometría cuadrada se muestra en la Fig. 1. Los parámetros de dicha antena son la longitud del lado del parche (L), el diámetro de las vías (d_{vias}), la posición de las vías (d_{short}) y la permitividad y el espesor del sustrato dieléctrico (h y ϵ_r , respectivamente).

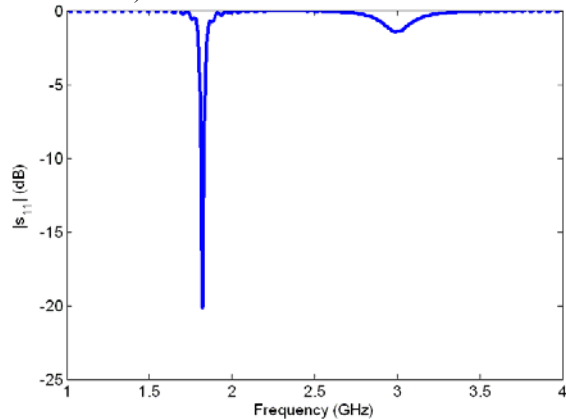


Fig. 2. Coeficiente de reflexión de la antena de parche cortocircuitado

Se ha diseñado un ejemplo con dimensiones $L = 31.00$ mm, $d_{vias} = 0.70$ mm, $d_{short} = 3.50$ mm y sustrato polipropileno con $\epsilon_r = 2.2$ y $h = 2.00$ mm. La antena se alimenta mediante una sonda coaxial situada a 4.50 mm del centro del parche para conseguir una buena adaptación del modo monopolar. La Fig. 2 Muestra el coeficiente de reflexión simulado con CST Microwave Studio ®. Se observa la resonancia del modo fundamental (el modo monopolar) con un buen nivel de adaptación en 1.8 GHz. Además, se puede apreciar también el modo convencional del parche (TM_{10} en geometría cuadrada) en torno a 3 GHz, aunque en este diseño está mal adaptado. Las distribuciones de campo eléctrico transversal (E_z) de ambos modos se muestra en la Fig. 3. Se aprecia como en el modo fundamental (Fig. 3.a) se obtiene una distribución de campo eléctrico casi uniforme, tanto en amplitud como en fase, en toda la antena. En cambio, en el modo convencional del parche (Fig. 3.b) se obtiene una distribución de media

longitud de onda con un desfase de 180° entre los extremos del parche. De este modo se obtiene un diagrama de radiación monopolar a la primera frecuencia (Fig. 4.a) y otro broadside a la segunda frecuencia (Fig. 4.b).

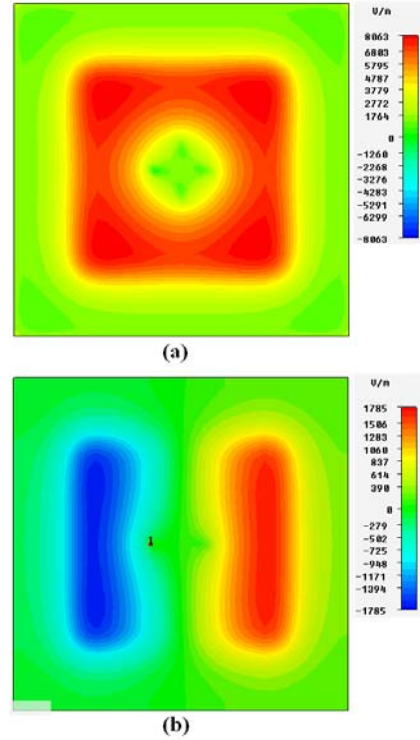


Fig. 3. Distribuciones de campo eléctrico transversal (E_z) de la antena de parche cortocircuitado de la Fig. 1. (a) 1.8 GHz. (b) 3 GHz

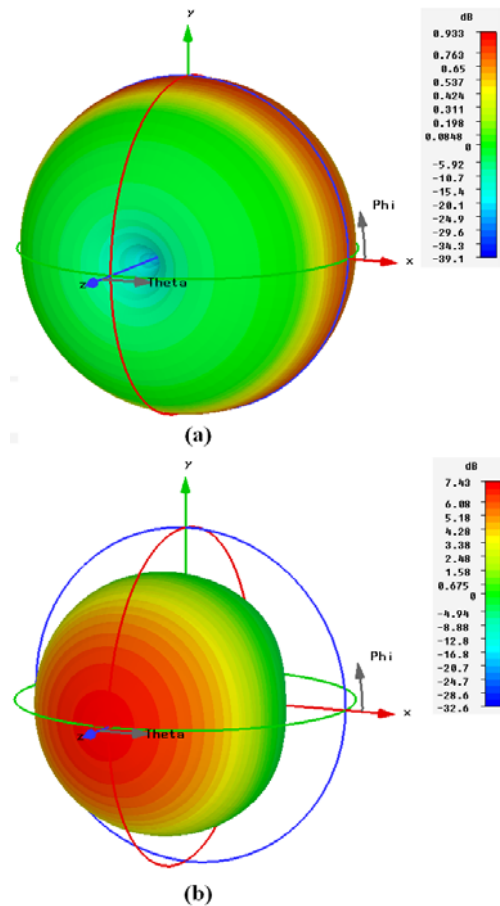


Fig. 4. Diagramas de radiación simulados de la antena de parche cortocircuitado de la Fig. 1. (a) 1.8 GHz. (b) 3 GHz

III. ANTENA DE PARCHE MONOPOLAR DE DOBLE FRECUENCIA

El diseño propuesto para conseguir una antena de tipo parche de doble frecuencia con diagrama de radiación monopolar consiste en insertar dos condiciones de cortocircuito concéntricas dentro de un parche convencional y separarlas mediante un gap. Esto es posible porque las densidades de corriente magnéticas equivalentes dependen del campo eléctrico en el borde del parche. Con otras palabras, el diagrama de radiación es independiente de la distribución radial del campo eléctrico y depende del campo eléctrico en el borde del parche. Mediante el diseño propuesto se consiguen dos modos diferentes con una distribución de campo eléctrico uniforme en el borde del parche y de esta forma se consigue un diagrama de radiación monopolar a dos frecuencias distintas.

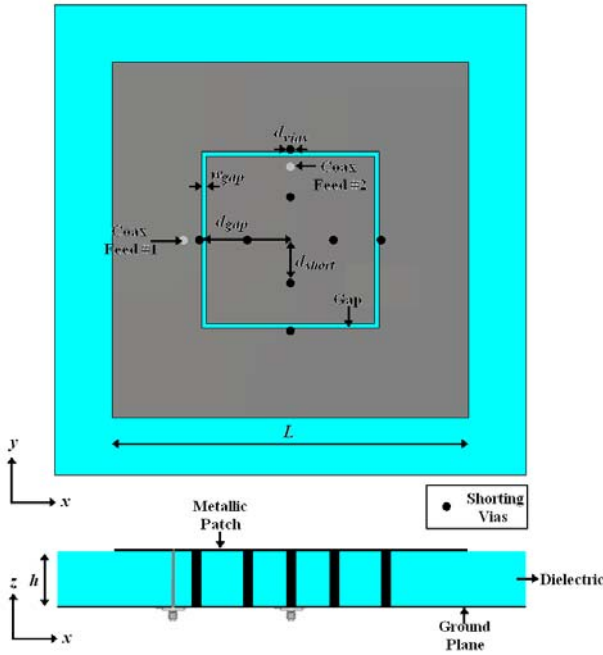


Fig. 5. Esquema de la antena de parche monopolar de doble frecuencia

La Fig. 5 muestra el esquema de la antena propuesta. Dicha antena está basada en un parche cuadrado con un gap para separar las dos condiciones de cortocircuito. Cada uno de estos cortocircuitos está realizado con cuatro vías situadas a la misma distancia del centro del parche. En el cortocircuito exterior las vías están situadas junto al gap. Los parámetros de la antena son la longitud del parche cuadrado (L), la posición y la anchura del gap (d_{gap} y w_{gap} , respectivamente), el diámetro de las vías (d_{vias}), la posición de las vías interiores (d_{short}) y la permitividad y el espesor del sustrato dieléctrico (h y ϵ_r , respectivamente).

Las frecuencias de funcionamiento, la relación entre las mismas y la impedancia de entrada de la antena dependen básicamente de la longitud del parche (L) y de la posición de los cortocircuitos (d_{gap} y d_{short}). La frecuencia de funcionamiento del primer modo monopolar (modo fundamental del parche) se puede ajustar mediante el tamaño del parche (L). A mayor tamaño del parche, se obtiene una frecuencia más baja para el primer modo monopolar. La relación de frecuencias entre los dos modos monopoles se puede seleccionar mediante la posición del cortocircuito interior (d_{short}). Cuanto más próximo al centro se encuentre el

cortocircuito interior, se obtiene una relación de frecuencias menor entre los modos monopoles. Además, se han estudiado dos estrategias diferentes de alimentación. La primera de ellas consiste en emplear una única sonda coaxial que excite los dos modos monopoles. La otra estrategia de alimentación se basa en el empleo de dos sondas coaxiales, cada una de ellas para excitar un modo monopolar distinto. Es posible conseguir una buena adaptación simultánea de los dos modos monopoles con ambas técnicas. Además se puede conseguir un buen aislamiento entre los puertos cuando se emplea la segunda estrategia de alimentación. Esta segunda estrategia es la que se muestra en la Fig. 5.

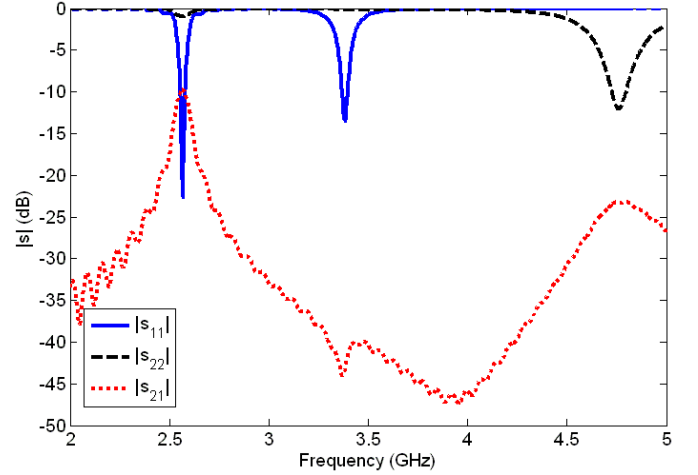


Fig. 6. Parámetros [S] simulados de la antena propuesta

Para demostrar el correcto funcionamiento de este tipo de antena de parche, se ha realizado un diseño de doble frecuencia con dos puertos. Las dimensiones de la antena propuesta, de acuerdo con la Fig. 5, son $L = 31.00$ mm, $d_{gap} = 7.50$ mm, $w_{gap} = 0.40$ mm, $d_{vias} = 0.70$ y $d_{short} = 3.75$ mm. El sustrato dieléctrico empleado es polipropileno con $\epsilon_r = 2.2$ y $h = 2.00$ mm. El puerto 1 está situado a 9.00 mm del centro del parche y el puerto 2 a 6.00 mm. La antena se ha simulado con CST Microwave Studio®. La Fig. 6 muestra los parámetros [S] simulados. Se puede observar que los coeficientes de reflexión son distintos en cada puerto. La primera resonancia en el puerto 1 aparece en 2.6 GHz, mientras que la primera resonancia en el puerto 2 aparece en 4.8 GHz. En ambos casos se obtiene un buen nivel de adaptación, considerando un nivel de -10 dB. El nivel de aislamiento entre los puertos es superior a 10 dB a la primera frecuencia de funcionamiento y superior a 22 dB a la segunda frecuencia. La segunda resonancia que aparece en el puerto 1 (en 3.4 GHz) es el modo convencional del parche cuadrado (TM_{10}).

En la Fig. 7 se muestran las distribuciones de campo eléctrico a las dos frecuencias de funcionamiento. Se puede observar que tienen un comportamiento radial distinto, pero que en la parte externa del parche ambos modos tienen una distribución de campo eléctrico casi uniforme, tanto en amplitud como en fase. Estas distribuciones de campo producen el deseado diagrama de radiación monopolar a ambas frecuencias, como se puede ver en la Fig. 8. Las ganancias que se obtienen en simulación son 2 dBi a 2.6 GHz y 2.7 dBi a 4.8 GHz. La longitud eléctrica del parche es $\lambda_0/3.72$ a la primera frecuencia de funcionamiento y $\lambda_0/2.02$ a la segunda. Hay que resaltar que la longitud eléctrica del parche se reduce considerablemente a la primera frecuencia

de funcionamiento respecto a una antena de parche convencional.

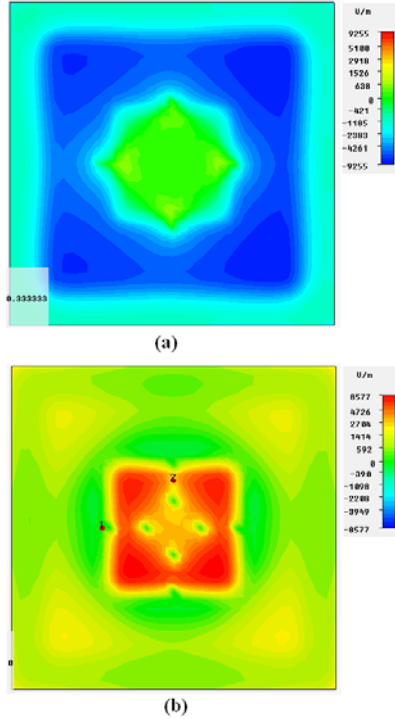


Fig. 7. Distribuciones de campo eléctrico transversal (E_z) de los dos modos monopoles. (a) 2.6 GHz. (b) 4.8 GHz.

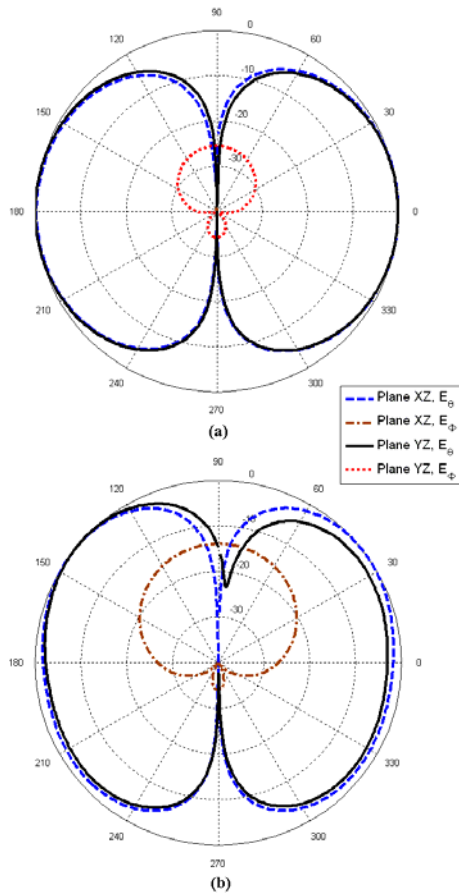


Fig. 8. Diagramas de radiación simulados de los dos modos monopoles. (a) 2.6 GHz. (b) 4.8 GHz.

IV. CONCLUSIONES

El empleo de dos condiciones de cortocircuito situadas concéntricamente en una antena de parche permite obtener dos modos con una distribución de campo eléctrico constante, tanto en amplitud como en fase, en el borde del parche. Esto implica dos bandas de frecuencia con diagrama de radiación monopolar. Además, las frecuencias de funcionamiento de los dos modos monopoles se pueden fijar de forma arbitraria ya que dependen de las dimensiones del parche y las posiciones de los cortocircuitos. También se ha comprobado que este comportamiento es independiente de la geometría empleada, en concreto, en esta comunicación se ha presentado una geometría cuadrada. Hay que destacar que se pueden emplear dos estrategias de alimentación diferentes. La primera de ellas consiste en excitar los dos modos monopoles mediante una sonda coaxial y la segunda estrategia consiste en emplear una sonda para excitar cada modo monopolar por separado. Finalmente, se ha mostrado un ejemplo de diseño empleando la segunda estrategia de alimentación y se ha conseguido un buen aislamiento entre los dos puertos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por los proyectos TEC2007-65214/TCM y TEC2009-14525-C02-01 del MICCIN. F. J. Herraiz Martínez es becario del programa FPU del Ministerio de Educación.

REFERENCIAS

- [1] V. González-Posadas, D. Segovia-Vargas, E. Rajo-Iglesias, J. L. Vázquez-Roy, and C. Martín-Pacual, "Approximate Analysis of Short Circuited Ring Patch Antenna Working at TM₀₁ Mode", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 54, no. 6, pp. 1875–1879, June 2006.
- [2] N. Mercé, P. Tejedor, and J. Vassal'lo, "The TM₀₁ mode of microstrip radiators and some of its applications," in *IEEE Antennas and Propagation Society Int. Symp.*, pp. 33–36, Apr. 1995.
- [3] R. Garg, P. Barthia, I. Bahl, and A. Ittipiboon, "Microstrip Antenna Handbook", Norwood, MA, Artech House, 2001.
- [4] C. Martín-Pascual and I. Seoane, "On the generation and applications of the monopolar ("zeroth" like) mode in non-circular patches," in *Proc. 17th Int. Conf. on Applied Electromagnetics and Communications*, Dubrovnik, Croatia, pp. 160–163, Oct. 2003.
- [5] A. Lai, K. M. K. H. Leong, and T. Itoh, "Infinite Wavelength Resonant Antennas with Monopolar Radiation Pattern Based on Periodic Structures," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 55, no. 3, pp. 868–876, March 2007.
- [6] M. A. Antoniadis and G. V. Eleftheriades, "A folded-monopole model for electrically small NRI-TL metamaterial antennas," *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 7, pp. 425–428, 2008.
- [7] F. J. Herraiz-Martínez, L. E. García-Muñoz, V. González-Posadas and D. Segovia-Vargas, "Multi-frequency and Dual Mode Patch Antennas Partially Filled with Left-Handed Structures", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, pp. 2527–2539, Vol. 58, No. 8, Part 2, August 2008.
- [8] G. Zhou, "Sorting-Pin Loaded Annular Ring Microstrip Antenna," in *IEEE Antennas and Propagation Society Int. Symp.*, vol. 2, pp. 33–36, Jun 1998.